



油砂开发 值得用健康冒险吗？



油砂是由砂、水和重而粘稠的碳氢化合物（常称之为沥青）等组成的一种混合物，可用于提炼石油。在过去的几年里由于传统石油供应量的减少以及油价暴涨使得石油公司开始关注油砂的开发利用。然而随着2008年秋季油价的下降，许多企业开始取消或延迟油砂项目，这些变化可能随时逆转，因为加拿大丰富的油砂储备已被誉为美国原油进口的安全保障之一。但是，油砂开发会带来一系列的环境健康问题。

原料资源

目前已有70多个国家发现了油砂。加拿大的阿尔伯特省拥有迄今为止发现的最大油砂储备，这些油砂埋藏在北方约140000平方公里的森林下。根据2006年度的《阿尔伯特2005年能源储备及2006~2015供应展望》（*Alberta's Energy Reserves 2005 and Supply Outlook 2006-2015*）的估计，加拿大油砂约可提炼出1750亿桶石油，仅次于沙特阿拉伯的石油储备，而后者是目前传统石油的主要储备国。

其它油砂主要储备在委内瑞拉和美国犹他州。根据Argonne 国家实验室的数据，如果能开发利用的话，仅犹他州的油砂储备，即可生产出120~190亿桶石油。然而犹他州大学清洁能源研究所主任和化学工程学教授Philip Smith说：“犹他州的沥青不能象其他地方一样用富水技术提炼石油，原因很简单——那就是犹他州没有那样的水资源。”

沥青是一种焦油状的碳氢化合物，能提炼石油，它是油砂的主要价值所在。加拿大储备的油砂可提炼约1750亿桶石油，但这种潜在能源的开发是却是昂贵。

Lara Sot/Dallas Morning News/Corbis

据加拿大石油生产协会 (CAPP, Canadian Association of Petroleum Producers) 提供的数据, 过去五年间, 加拿大的油砂每天提炼出的石油达130万桶, 超过全球石油日生产量的1%。CAPP油砂工作组副主席Greg Stringham说, 2008年加

拿大每天出口到美国的石油约为190万桶, 占其石油日消耗量的12%, 这些石油主要是从油砂中提炼。2008年1月更新的报告《北美油砂: 发展历史和未来展望》(North American Oil Sands: History of Development, Prospects for the Future) 中, 国会研究服务

部预计到2015年加拿大油砂日产量可剧增到2.8亿桶。

根据估计, 阿尔伯特浅层油砂占总储备的8~20%, 这些油砂可以用巨型铲和大型卡车等装备在地表进行挖掘。而超过75~80米地下深层油砂储备则要通过诸如蒸汽辅助重力驱油等方法进行开采, 蒸汽辅助重力驱油是利用蒸汽把沥青加热使其液化后再泵出地面, 这就是所谓的原位开采法。

未经加工的油砂包括占重量3~18%的沥青和2~10%的水及80~85%的矿砂(砂、粘土等)。沥青主要由多环芳烃(PAHs)、硫磺、铅、汞、砷、镍、钒、铬、硒等组成, 它比传统原油含有更多的碳但是氢含量少。沥青常可和碎石子混和在一起后用于铺沥青公路。当沥青被挖掘出后, 通过加氢及减少碳, 即所谓的升级后, 通入天然气即可输送到炼油装置进行炼油, 而剩余的水和固体物质包括一小部分未被提炼出的沥青就被丢弃到巨大的尾料池中。

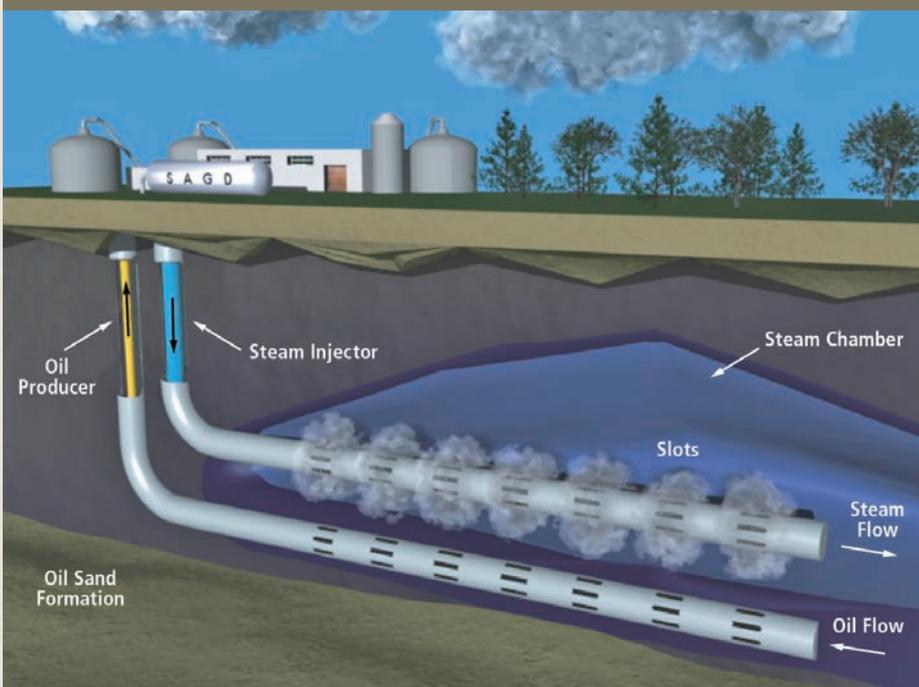
尾料: 水质量的浅在危害

许多有关油砂发展的争议都集中围绕着尾料池, 现有的尾料池已覆盖了阿尔伯特北部地区130多平方公里, 这一数据来自加拿大环境保护署的报告: 《每天1100万升——沥青砂漏泄的遗迹》(11 Million Litres a Day: The Tar Sands' Leaking Legacy)。有些大的尾料池仅筑土堤坝把它和连接加拿大西北部主要水域Mackenzie的Athabasca河分隔开, 这些水域的水通常含有砷、汞、PAHs和其它一些来自沥青的有毒物质。

油砂开发者必须通过拦截、挖沟渠和井等方法以捕捉来自尾料池的泄漏。但环境保护署的报告仍然认为每天泄漏的废水至少有1100万升。这个泄漏率是基于石油公司的环境影响评估报告, 而对于没有公开数据的那些尾料池, 作者沿用了企业报告中的数据计算得出平均泄漏率。



上图显示的是地表砂矿情形: 卡车载着几百吨的矿产运向冶炼装置。然而, 阿尔伯特的大多砂矿在地下深层, 沥青必须通过一定的技术才能泵到地面, 如蒸汽辅助重力驱油技术(见下图)



油砂开发的反对者担忧渗漏的废水会污染饮用水水源，进而对人类健康产生潜在的不良影响。George Poitras是原民族Mikisew Cree First Nation前任主席，他说尾料池中渗漏出的化学物质可以影响依赖水作为饮用或栖息地的任何生物和任何人，包括鱼、驼鹿和鸟。要知道我们大部分还都依赖于这些传统的食品包括驼鹿。

Treeline 生态研究所 (Treeline Ecological Research) 的生态学家 Kevin P. Timoney 认为每天1100万升是保守的估计，确切数据或许要高很多。2007年11月发表的一篇题为《阿尔伯特奇帕维安地区水和沉淀物质量与公共卫生关系问题》(A Study of Water and Sediment Quality as Related to Public Health Issues, Fort Chipewyan, Alberta) 的研究报告中，Timoney描述了他对该社区的水和沉淀物质量数据的分析，指出

该社区坐落于Athabasca油砂矿的最北端，位于金属和其他污染物易于堆积的沉积盆地，其水和沉积物中砷、汞和PAHs的浓度尤其高。同时也测到了其他的金属(包括镉、铬、钴和铅)和农药。

Timoney的分析进一步指出对当地鱼类研究显示所有的角膜白斑、雌鲑鱼和所有雄鲑鱼都含有超出美国规定的汞摄入量。尽管处理过后的水达到了安全标准，但未处理的Athabasca湖水中砷、汞总量和PAHs含量足以造成对野生动植物和人类的威胁。

Glen Van Der Kraak是加拿大圭尔夫大学 (University of Guelph) 综合生物学的

教授，他的研究显示长期处于油砂废水中的鱼出现内分泌紊乱和生殖生理的受损。例如，发表在杂志《水生物毒理》(Aquatic Toxicology) 2008年5月1日一期的研究报告中，Van Der Kraak和他同事发现暴露于尾料池废水的金鱼比对照组的血浆中睾丸激素和雌二醇水平都有明显的降低。Van Der



加拿大阿尔伯特North McMurray北面油砂尾料池的空中俯视图。油砂开发最对人类健康最主要的危险之一是污染的废水泄漏进入饮用水源。

Kraak认为这些毒性主要可能是由经常出现在尾料池水中的环烃酸类混合物引起的。

John O'Connor在2002年至2007年间在奇帕维安族地区行医，他报导了该900人社区中有6例胆道癌病，首次提出了人类胆道癌的警告。这种罕见胆道肿瘤的发病率通常仅为十万分之二。过去30年中，阿尔伯特胆道癌的发病率一直在上升，并且原居民族 (First Nations) 社区比其他社区人群的发病率高2~3倍。

为了支持阿尔伯特癌症理事会进行集群调研，一个工作组在2007年8月成立了，并且按照美国疾病控制及预防中心的导则

进行调查。观察的癌症病例为来自阿尔伯特癌症登记署的确诊并列，并和12年间该社区期望病例做比较。期望病例数则是基于每年阿尔伯特的发病率，在考虑奇帕维安族地区人口和人口组成后确定。

2009年2月《1995~2006年间阿尔伯特奇帕维安族地区的癌症》(Cancer Incidence

in Fort Chipewyan, Alberta, 1995-2006) 报告中，工作组报道在奇帕维安族地区只有2例被确诊胆道癌，有一例不是癌症，其他都被确认为其他种类的癌症。这些数据显示当地胆道癌症发病率在预期范围内。尽管如此，该研究发现血液系统、淋巴系统、胆管及软组织癌症病例比预期发病显著增加，并有统计学意义，同时所有癌症总观察病例51例也高于预期39例，接近边界的统计上的差异。肺部癌症的总病例数在正常范围内，然而如果单独观察女性肺癌，其病例数则是期望值的3.5倍。

这项调研没有分析任何引起癌症的原

因，同时由于观察人口总数少和有限的病例数，工作小组谨慎提醒观察结果可能由于偶然性或者增强观察所致。因为12年观察期间后半段观察时间里病例有所增，工作组认为在未来几年内对奇帕维安族地区癌症的发生进行更密切的监控可能更合理，同时在未来的研究中更要跟进那些在过去20~30年里一直生活在该地区的人群。

作者同时也指出，2006年有关奇帕维安族地区居住人群健康状况分析显示该地区居民的糖尿病、高血压、肾衰竭、狼疮病等

险和职业暴露的研究表明在油田工作者中白血病和肺癌发生风险有所增加，在铀矿工作者中白血病、肺癌、胆囊癌和胆管癌的危险性也有所增加。

长期修复所面临的挑战

《奇帕维安族地区癌症发生》(Cancer Incidence in Fort Chipewyan)一文的作者尽管没有证明导致他们所研究的癌症高发的原因，但是许多油砂开发反对者相信尾料池泄漏和癌症关系的确定只是时间问题。而且Timoney在他2007年的报告中曾断言废

亿立方米的污水即将被遗弃在无人管理的废水池中，并紧邻着Athabasca河。”

E.A. Johnson 是Calgary大学生物学教授，是《2008年度生态和生物保护》(The Year in Ecology and Conservation Biology 2008)一书的合作者，他说，油砂尾料池及开采现场环境修复所面临的挑战被远远低估了，修复常常是小项目，仅几公顷面积，但是现在我们面临的是整个地区的重建，包括从中心层开始，地下水和土壤……我们将重建排水系统、地下水流，而我们对这些还知道得很少，我不太清楚是否每个人都了解这有多复杂。

Johnson还说，需要很多年的时间来评估修复，“以往即使是很小的一个修复项目也要花费超过任何一个人所想象的时间，尤其对于监控来说。这需要40年或更长的时间跨度，因而很难执行下去。

根据阿尔伯特政府2008年发表的报告《阿尔伯特油砂、资源和责任》(Alberta's Oil Sands. Resourceful. Responsible)，截至2008年3月，大约有65平方公里土地在修复中，这意味着



科学家和当地仅存的渔民观察到鲑鱼身上的癌性肿瘤，这些鲑鱼是从Athabasca油砂北端Fort Chipewyan社区附近捕到的。2009年的一份调查显示该社区居民的癌症病例数高于期望值，但是遗憾的是该研究并不是为确定这些癌症的病因而设计的。

有所增加，所有这些疾病都和尾料池废水中一个或多个的有毒物质有关。为了评估癌症及慢性病的风险，工作小组建议需要对整个奇帕维安族地区居住人群健康状况及危险因素进行评估。在未来的研究中应该把社区癌症患者的工作经历以及和社区癌症患者职业暴露风险变化也进行相关评估，因为许多奇帕维安族地区居民曾经或正在油砂或铀工业公司工作。正如作者所言，之前有关癌症危

弃的尾料池将会是周围社区未来日子里主要的健康威胁。“当油砂矿还在运行时，将会持续监控和捕捉尾料池的泄漏”，他写道，“然而没人能知道当矿被开采完和关闭后的结果，尾料池的丢弃是个未被证实的技术，它的有效性仅仅是依赖于模型预测而不是来自现实的经历……阿尔伯特油砂是基于著名的多孔渗水伴有地下水活跃的水流而形成在没有水泵的情况下，数十

着这些土地将能恢复到油砂开采之前的使用状况，然而只有104公顷（主要生产商Syncrude的用地）被政府认可已被修复。

油砂开采的反对派和支持派都同意液态尾料是个问题。“我们必须禁止产生需要尾料池的液态尾料，阿尔伯特卡尔加里非赢利协会油砂项目主席Simon Dyer说，“现在无需产生液态尾料的新技术有些即将商业化，但是政府在审批同意项目时没有鼓

励他们采用这些新技术”。

Stringham也认为“最终的目的是抽干尾料”，但是Stringham注意到事实上企业仅致力于短期解决方法，比如在尾料里通入CO₂，使粘土可以更快地沉淀，从而让水抽出而被再利用。

高碳行业

油砂开发所产生的高碳可引发另外一些环境卫生问题。根据Alex Farrell 和 Adam Brandt发表在《气候变化》(*Climatic Change*) 2007年10月刊上一文的估计，油砂的抽取和冶炼会释放比传统石油工业多30~70%的温室气体。Aimee Curtright 是RAND公司分析员和2008年度报告《非传统化石燃料：经济发展与环境的平衡》(*Unconventional Fossil-Based Fuels: Economic and Environmental Trade-Offs*) 一文的合作者，他说，如果把油砂温室气体的影响加上燃料燃烧时释放的CO₂，差异就降到了10~30%。无论是传统还是非传统石油，他们大部分CO₂的释放都是在燃烧时发生的，只有一小部分温室气体释放和石油生产工艺过程有关。

Stringham说，油砂最主要的全球问题来源于每天800百万立方英尺天然气(大约是加拿大所有天然气消耗的10%)的燃烧，以提取和精炼而产生的大量温室气体。在2006年度《加拿大油砂与全球能源需求》(*The Canadian Oil Sands in the Context of the Global Energy Demand*) 的报告中，阿尔伯特能源研究所主任Eddy Isaacs这样写道，每立方米沥青的液化、抽取和净化就需要消耗176立方米天然气。

根据《国会研究服务》(*Congressional Research Service*) 的2008年度报告，加拿大政府预期到2010年，温室气体排放增加的一半将来自油砂，并且油砂产生的温室气体将占国家温室气体释放总量的8%。Dyer说，从长远来看问题更严重，即使不超过政府

预期，来自油砂的温室气体到2020年也将增加三倍，这和我们积极采取改变气候的行动背道而驰。油砂……仅仅油砂一项几乎就让我们站到了《京都议定书》的对立

面。

阿尔伯特环境保护发言人Chris Bourdeau认为这是对油砂影响不公正的描述。他说，2006年度油砂生产释放出33兆



2005年加拿大环境部估计工业和资源开探约占被毁森林的8%，影响了大约全国0.02%的森林。尽管采伐森林会破坏生态，但是油砂开发对温室气体的影响主要来自提取和精炼沥青所消耗的能源。

吨温室气体,而加拿大对《京都议定书》的承诺是要比1990温室气体释放减少6%。1990年加拿大温室气体释放为594兆吨,而实际上2006的释放量已达721兆吨,“加拿大已经超过了京都承诺目标163兆吨”。“油砂一共才释放了33兆吨温室气体,因而油砂不是让国家处于京都承诺对立面的唯一因素,还有许多其他因素”。

而且,油砂开发商正受《阿尔伯特气体排放特别法》(Alberta's Specified Gas Emitters Regulation)的制约,被迫减少能源消耗。该特别法要求油砂开发商或CO₂年排放量达10万吨的其他企业应降低“排放强度”(emissions intensity),或降低每单位产品的CO₂排放量,并在2003~2005年测得值的基线上减少12%。Bourdeau说:“阿尔伯特是北美唯一已经立法强制规定降低温室气体排放的地区。”

减排无法达标的企业可以购买抵消配额,如在阿尔伯特省内支付植树造林,或者为排放每吨CO₂支付15美元给省气候变化和排放管理共同基金。Bourdeau说,这

一项目才运行半年,就已降低了260万吨的CO₂排放。尽管12%的目标是一次性减少,企业如果达不到,就要每年购买抵消配额或技术基金。[详情请参见Carbon Offsets: Growing Pains in a Growing Market, EHP 117:A62-A68 (2009)]。

碳捕捉和储藏(CCS, carbon capture and storage)是指将CO₂运送到地下深层进行储藏,这项技术被油砂推崇者誉为解决温室气体排放的最佳方案。2008年4月,阿尔伯特政府成立了一个以Syncrude前总裁Jim Carter领导的委员会,旨在制定可广泛推行CCS的行动导则。2008年7月,政府承诺20亿加元,从下个春季开始建设影响深远的CCS设施,以期到2015年每年温室气体排放量能降低500万吨。然而,尽管许多专家相信CCS在理论上可行,但是由油砂行业建议的如此规模建设还从来没有验证过。[更多信息,请参见“Carbon Capture and Storage: Blue-Sky Technology or Just Blowing Smoke?”, EHP 115:A538-A545 (2007)]。

未来的不确定性

随着奥巴马就任美国总统,油砂问题的各方都在慎重考虑有关将来温室气体限制的具体细节和进程,以及这些可能对油砂开发商的影响。有一种可能就是美国可能限制进口需要额外排放温室气体的燃料。

但是完全停止提取油砂是不可取的,因为那将引起油价的再次上涨。为了不全面停止油砂开发,那些油砂反对者可能赞成放慢或停止油砂开发的扩张。“首先,我们要延期任何新开发项目,停止发放新的许可证、新租约和新原址开发区,”自然资源保护委员会(Natural Resources Defense Council)加拿大项目主任Susan Casey-Lefkowitz说,“我们认为加拿大和阿尔伯特政府应该评估油砂已经对土壤、环境和居住在那里的居民的影响,并努力修复部分已造成的危害。如果要继续开发,他们必须找出环境能够承受的可持续发展技术。”

-David J. Tenenbaum

译自 EHP 117:A150-A156 (2009)

纳米技术能否使油田开发更环保?

一些科学家正在开发一种可弱化油田开发中环境影响的纳米技术。从纳米尺度了解重交沥青分子如何凝集有助于减少该产业对淡水的需求,阿尔伯塔大学的加拿大油田改造研究主席Murray Gray如是说。“如果我们更好地了解石油在分子尺度的特性,我们可能会发现将石油从其原生粘土和砂基分离的溶剂或清洁剂。”Gray指出是邻近分子间的强吸附力导致了沥青的粘性。他认为专门设计用来阻断分子间关联的纳米吸附剂也许可以抑制这种多余的凝集。他补充说,无水工艺可消减对尾砂库的需要,减少对淡水的使用,并大大加速本将用于尾砂库的土地开垦进程。

壳牌石油公司材料部首席科学家Sergio Kapusta认为,纳米技术还可能有益于油田开发的其他方面。“纳米过滤器可用于清除尾矿水中的盐、重金属和其他杂质。”他说,“以后,这可能有助于提高提取效率并减少水的消耗。”Kapusta还指出“纳米气泡”——吸附在沥青上使其在水中漂浮的微小气泡——可作为进一步提高沥青回收率的方法。

译自 EHP 117:A156 (2009)